Morphologische Untersuchungen über die Samenschalen der Cucurbitaceen und einiger verwandter Familien.

(Mit 4 Tafeln.)

Von **Franz v. Höhnel,**

Assistent am landwirthschaftlichen Laboratorium der Hochschule für Bodencultur in Wien.

I. Theil.

Cucurbita Pepo L. — Lagenaria vulgaris Ser. u. — Cucumis sativus L.

Bekanntlich gehören die Samenschalen zu den noch am wenigsten erforschten pflanzlichen Organen. Nur von wenigen Familien kennt man den anatomischen Bau derselben und bei einem nur kleinen Theile dieser die Entwicklungsgeschichte.

Angeregt durch eine vorläufige Untersuchung der Samenschale von *Cucurbita Pepo*, welche einen sehr complicirten Bau derselben ergab, entschloss ich mich, die Familie der Cucurbitaceen bezüglich des Baues und der Entwicklungsgeschichte ihrer Samenschalen genauer zu untersuchen. Diese Familie eignet sich in mehrfacher Hinsicht zu einer solchen Untersuchung. Vor Allem sind die Samen verhältnissmässig gross und stellen daher namentlich der Untersuchung der Entwicklungsgeschichte nur geringe mechanische Schwierigkeiten entgegen. Dann zeigen sie eine so grosse Mannigfaltigkeit in Form und Grösse, dass von Vorne herein eine grosse Verschiedenheit in der Ausbildung der Samenschale zu erwarten stand. Man vergleiche z. B. die Samen von Cucurbita, mit denen von Trichosanthes, Cyclanthera, Abobra, Involucraria, Bryonia etc. und man wird es nicht für möglich halten, dass alle diese genannten Samen dieselbe Zahl von differentiirten Schichten in der Testa aufweisen, ja dass die

4—5 innersten Lagen kaum von einander zu unterscheiden sind, die Zellen der äusseren 4—5 Lagen typisch denselben Bau besitzen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit sollte jedoch kein rein morphologisch-anatomisches sein, sondern auch die Systematik nicht unberührt lassen. Bekanntlich ist die Stellung der Cucurbitaceen im Systeme eine sehr unsichere, und ebenso die einiger Familien, wie der Nhandirobeen, Papayaceen, Passifloreen, Begoniaceen, Datisceen und Loaseen, welche von verschiedenen Autoren in mehr minder enge Verbindung mit den Cucurbitaceen gebracht wurden. Um nun einen Beitrag zur Frage der Verwandschaft der genannten Familien liefern zu können, wurden auch Repräsentanten dieser in den Kreis der anatomischen Untersuchung gezogen, und es hat diese für die Systematik Ergebnisse geliefert, die nicht ohne Interesse sind.

In der folgenden Darstellung rechne ich zur Samenschale (*epispermium*, schlechtweg Testa) sämmtliche Schichten, welche den Embryo umgeben, bis inclusive des Endospermes. Ein Vergleich verschiedener Samenschalen in diesem Sinne wird nur dann möglich sein, wenn man in der reifen Testa die verschiedenen Schichten mit Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte in innere und äussere Integumentalschichten, in Peri- und Endospermschichten eintheilt, je nach den Geweben, aus welchen sie hervorgehen. Ein möglicher und bei verschiedenen Cucurbitaceen thatsächlich vorkommender Fall ist der, dass auch das Perikarp an der Bildung des Samens einen Antheil nimmt, und man kann die entsprechenden Schichten Perikarpalschichten nennen.

Nur die äusseren und inneren Integumentalschichten sind einander morphologisch gleichwertig. Eine Beschränkung des Ausdruckes Testa auf diese ist jedoch aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Erstlich können die Integumente gänzlich fehlen. Dann kommt es vor, dass dieselben wohl im jugendlichen, nicht aber fertigen Zustande des Samens vorhanden sind und die festen Schichten der Testa ganz vom Perisperm gebildet werden; letzteres ist nach Lohde („Über die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen", Naumburg 1874, p. 17.) bei den Oxaliden der Fall. Bei den cochlidiospermen Veronica

Arten werden nach Schleiden (Grundzüge 1861, p. 536.) die Integumente vom Endosperm auf der convexen Seite der Samen ganz resorbirt und spielen daher die äussersten Schichten dieses, die Rolle einer Testa. Endlich kann es vorkommen, dass die Integumente aus dem Grunde keinen Antheil an der Bildung der Samenhüllen nehmen, weil sie nur einen Theil des Umfanges der Samenknospe einnehmen; so bei Canna und den Compositen; bei Canna entspricht nur der Samendeckel (Spermotega) den Integumenten.

Abgesehen von diesen Fällen zeigt sich bei manchen Familien z. B. den Papilionaceen, dass das Endosperm eine typische Function der Testa (im engeren Sinne) annimmt, nämlich die der Quellschicht und man rechnet dasselbe bei dieser Familie gewöhnlich zur Samenschale. Dasselbe geschieht bei den Cruciferen, wo man die Plasma-Schicht und die innerhalb dieser liegende zur Testa rechnet, trotzdem beide unzweifelhaft dem Endosperm angehören.

Aus den angeführten Thatsachen ist zu entnehmen, dass, wenn man überhaupt noch den Begriff Testa oder Episperm festhalten will, man denselben als den Inbegriff aller jener Zellschichten auffassen muss, die nicht nur aus den Integumenten sondern auch aus Peri- und Endosperm hervorgehen, weil jede einzelne dieser Schichten in besonderen Fällen als Hauptbestandtheil der Testa (im weiteren Sinne) fungiren kann. Consequenterweise muss man daher auch bei solchen Samen, wo die bestentwickelten Testaschichten den Integumenten entspringen, Perisperm und Endosperm als Glieder der Testa auffassen. Da diese beiden Schichten bei Samen letzgenannter Art ihre Hauptrolle im jungen noch unentwickelten Zustande spielen werden, so werden sie im reifen Samen als eine Art rudimentärer Schichten wichtige Merkmale zur Unterscheidung der Familien abgeben, während die wohldifferentiirten Zellen der Integumentalschichten die feineren Unterschiede zwischen Gattungen und Arten abgeben werden.

Die Perikarpalschichten kann man natürlich nicht zur Testa rechnen; wenn aber in der folgenden Auseinandersetzung die aus dem inneren Epithel des Pericarps hervorgehende Schicht als I. bezeichnet wird, so geschieht dies lediglich um der Kürze der Be-

zeichnung willen, die bei Vergleichung der verschiedenen Genera sehr zweckdienlich und bequem ist. Die Testa beginnt stets mit II und reicht bis X.

Mit Ausnahme der Cucurbitaceen wurde keine der oben genannten Familien auf Samenschalen untersucht, wenn man von Gärtner (De seminibus et fructibus plantarum) absieht, der sie nur makroskopisch betrachtete. Die Cucurbitaceen wurden jedoch ohne Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte, von Brandmark (Bitrag till kännedomen om fröskalets byggnad. 1874) studirt. So viel ich aus dem Referate des bot. Jahresberichtes pro 1874 entnehmen kann, hat derselbe nicht alle differentiirten Zellschichten gesehen, da er deren nur 5—6 angibt, die aus höchstens 15 einzelnen Zellschichten bestehen sollen, während ich (von der Perikarpalschicht und den beiden Endospermschichten abgesehen) 7—8 verschiedene auffand, die aus mehr als 20 Schichten zusammengesetzt sind. Den Werth und die Genauigkeit der Details kann ich aus genanntem Referate nicht beurtheilen.

Ich brachte die Abhandlung in zwei Abtheilungen; in der ersten, vorliegenden gebe ich eine detaillirte Darstellung des Baues und der Entwicklungsgeschichte dreier Repräsentanten der zwei Haupttypen der Cucurbitaceen-Samenschalen. In der zweiten, die wegen fortwährender Nachschaffung neuer Genera noch nicht zu Ende gebracht werden konnte, werde ich eine vergleichende Darstellung des Baues (u. z. Th. der Entwicklungsgeschichte) der wichtigeren Cucurbitaceen-Genera geben, sowie die Resultate der Untersuchung der Samenschalen der übrigen oben genannten Familien. Die Schlussbetrachtung wird die wichtigeren Ergebnisse auf dem Gebiete der Morphologie der Zelle und der Gewebe, der Entwicklungsgeschichte, und der Systematik umfassen.

Schliesslich sei es mir gestattet, jener Herren dankend zu gedenken, durch deren Güte und Hilfe jeder Art mir die Ausführung der Untersuchung möglich gemacht wurde.

Ausgeführt wurde die Untersuchung im Laboratorium des Herrn Prof. Fr. Haberlandt, mit dessen gütigster Zustimmung ich einen grossen Theil des benöthigten Materials der reichhaltigen Samensammlung des Laboratoriums entnahm.

Mehrfache Unterstützung und Anregung aller Art erhielt ich von den Herren Prof. Dr. Jul. Wiesner, Prof. Dr. E. Fenzl, Prof. Dr. A. Vogl, dem ich auch das Material zur Untersuchung der Nhandirobeen verdanke, sowie Herrn Dr. J. Peyritsch.

Dem Herrn Fr. Benseler, Inspector des Universitäts-Gartens verdanke ich auch einen Theil des gebrauchten Materials.

Allen genannten Herren erlaube ich mir meinen innigsten und verbindlichsten Dank auszusprechen.

I. *Cucurbita Pepo* L.

A. Entwicklungsgeschichte der Testa.

Der unterständige Fruchtknoten des Kürbises wird von drei fleischigen Carpellen gebildet, welche an den Rändern 3—4 Reihen von Samenknospen tragen. Eine Fruchtknotenhöhle existirt nicht und die anatropen Samenknospen sind in Aushöhlungen der Carpelle eingebettet, die mit einem zarten Epithel ausgekleidet sind. Einige Tage vor der Blüthe, wenn die Corolle noch ganz grün ist und der Fruchtknoten einen Durchmesser von etwa 1^{cm} hat, ist die Samenknospe rundlich-eiförmig (Fig. 1); der Kern hat eine feigenförmige Gestalt und zeigt ein deutliches Epithel (Fig. 1, *en*), sowie einen ovalen Embryosack (Fig. 1, *eb*), der etwa in seiner Mitte liegt. Das Knospenkerngewebe besteht aus kleinen Parenchymzellen, ohne Intercellularräume, welche eine deutliche radiale Anordnung zeigen, die sich auf den Embryosack als Mittelpunkt bezieht; von den zwei Integumenten ist das innere am Grunde zwei, gegen den Knospenmund hin aber 3—4-schichtig, während das äussere zu beiden Seiten der Samenknospe 6—8, an der Raphe hingegen und ihr gegenüber vielschichtig ist. Das äussere Integument ist etwas kürzer, als das innere, was sich bei weiteren Entwicklungsstadien noch deutlicher ausspricht. Jenes zeigt schon jetzt ein deutliches Epithel, das aus kubischen, zartwandigen Zellen besteht, sowie einen Prosenchymstrang im Innern, aus welchem später ein zahlreiche Gefässe enthaltender Fibrovasalstrang entsteht. Der Funiculus ist kurz und dick und enthält auch ein Gefässbündel mit einem Spiralgefässe (Fig, 1, *fb*), das sich bis in den untersten

Theil der Raphe fortsetzt. Schon jetzt zeigen sich die ersten Anfänge von weitgehenden Theilungen im Epithel des äusseren Integumentes. Man findet nämlich, dass sich dasselbe an der Raphe und ihr gegenüber zu spalten [1]) beginnt.

Zu dieser Zeit zeigt die Samenknospe ein rasches Wachsthum, so dass sie schon nach wenigen Tagen, nämlich kurz nach der Blüthe, wenn der Fruchtknoten etwa 2^{cm} Durchmesser hat, auf das dreifache ihrer Länge und das Doppelte ihrer Breite herangewachsen ist (Fig. 2). Dieses Wachsthum ist mit Formveränderungen der ganzen Samenknospe verbunden und daher kein gleichmässiges. Der Nucleus wächst in seinem bauchigen Theile durch Allwärtstheilung und Vergrösserung seiner Zellen nach allen Richtungen ziemlich gleichmässig, während sich sein Halstheil nur in die Länge streckt. Es erscheint daher der Embryosack gegen die Mikropyle hin verschoben, und während früher das Protoplasma gleichmässig in allen Zellen vertheilt war, ist dasselbe jetzt in den den Embryosack umgebenden Zellen concentrirt, während die entfernteren Zellen verhältnissmässig leer erscheinen. Von nun an wächst der Halstheil nicht mehr bedeutend, seine Zellen vergrössern sich etwas, werden hyalin und stellen ein Leitungsgewebe für den dünnwandigen Pollenschlauch dar. Er, sowie der ganze vordere seiner Länge entsprechende Theil der Samenknospe nimmt an der Bildung, des Samens keinen Antheil, so dass dieser nicht aus der ganzen Samenknospe entsteht und daher am spitzen Ende wie abgebrochen erscheint (Fig. 3). Der Embryosack hat bis jetzt Form und Grösse nur wenig verändert, hingegen beginnt sich das kleinzellige Epithel des Knospenkernes zu differentiiren, indem sich die Aussenwandungen etwas verdicken. Dieses geschieht schon jetzt, wo noch alle anderen Gewebe der Samenknospe ganz dünnwandig sind, es nimmt diese Zellschicht zuerst ihre definitive Gestalt an und stellt in der sich entwickelnden Samen-

---

[1]) Was die Bezeichnung der Theilungsrichtungen durch Kunstausdrücke betrifft, so folge ich der Terminologie Hansteins, S. die Entwicklungsgeschichte des Keime der Mono- und Dicotylen, in bot. Abhandl. a. d. Gebiete der Morphologie und Physiologie, herausgegeben von Dr. J. Hanstein, I. Bd. 1. Heft p. 7.

knospe, als fester dünner Sack, die stärkste Zellschicht dar. Das innere Integument ist 3—4schichtig und schon jetzt zeigt es sich zwischen dem Kerne und dem sich stark entwickelnden äusseren Integumente etwas zusammengepresst. Es entwickelt sich überhaupt nicht weiter und erscheint im reifen Samen zu einem dünnen Häutchen zusammgepresst. (Fig. 10, VI. z. Th.).

Das äussere Integument ist 8—10schichtig geworden, zugleich haben sich aber die Zellen stark vergrössert und entstehen zahlreiche Interzellularräume, deren Grösse bis zur Reife fortwährend zunimmt. Der Prosenchymstrang hat sich indessen weiter entwickelt und es treten in ihm einige Gefässe auf, deren Zahl später bis auf 40—50 zunimmt. Das Parenchym wird namentlich in der Nähe dieses Gefässbündels sehr grosszellig.

Im Epithel des äusseren Integumentes ist der Sitz jener Theilungen in der Samenknospe, welche zur Ausbildung der physiologisch wichtigsten und bestdifferentiirten Schichten der Samenschale führen. So lange die Samenknospe rasch wächst, finden in demselben lebhafte Theilungen statt, und erst dann, wenn nach vollendeter Abspaltung von sich weiter entwickelnden inneren Zellen die Verdickung der Aussenwandung einen gewissen Grad erreicht hat, folgt dasselbe dem Wachsthume des Kernes allein durch Vergrösserung der Zellen.

Die schon vor der Blüthe sichtbare Spaltung des Epithels in zwei Schichten beginnt, sowie überhaupt jeder Theilungs und Verdickungsvorgang in der Samenknospe, am Mikropyle-Ende derselben und zwar an der Raphe und der dieser gegenüber liegenden Kante (Fig. 4, IV). Damit hängt die mächtige Entwicklung der Samenschale an den Kanten und dem spitzen Ende des Samens zusammen und die stärkere Verdickung der einzelnen Zellen an diesem.

Die durch Spaltung des Epithels entstandenen inneren Zellen gehen keine weiteren Spaltungen ein, aus ihnen entsteht jene Schicht der Samenschale, welche man wegen der starken Verdickung die Hartschicht nennen kann (Fig. 4 und 10, IV).

Inzwischen wird der Zusammenhang des inneren Epithels der Carpelle mit dem Diachym derselben immer loser und während die einzelnen Epithelzellen vor der Blüthe noch allseitig dünnwandig waren und dabei ganz dicht mit Stärke erfüllt, be-

ginnt sich nun die der Samenknospe anliegende Aussenwandung in dem Masse zu verdicken als die Stärke schwindet (Fig. 5, 6, *E*). Das Diachym der Carpelle besteht aus grossen runden wasserreichen Zellen, mit grossen Interzellularräumen (Fig. 5, *D*). Später klebt sich das Epithel an die Samenknospe fest an und von diesem Augenblicke an sind die Wachsthumsvorgänge in demselben gänzlich von jenen der Samenknospe abhängig und bildet dasselbe einen integrirenden Bestandtheil des reifenden Samens.

Während bei der Vergrösserung der ganz jungen Samenknospe augenscheinlich das Wachsthum des Kerngewebes massgebend war, nimmt dieses nunmehr bedeutend ab und kann dasselbe dem Wachsthum der Integumente nicht mehr folgen; es entsteht daher im Inneren desselben ein grosser Interzellularraum, der zuletzt zu einer Höhlung wird, die mit wässeriger Flüssigkeit ausgefüllt ist. Alle Kerngewebszellen wachsen bedeutend in die Länge, die an die Höhlung angrenzenden nehmen dabei eine wurstförmige Gestalt an, während die äussersten Lagen kleiner bleiben und ohne Interzellularräume aneinander schliessen.

Indessen verlängert sich der Embryosack bis auf 1·2^{mm} Länge und nimmt die Form einer mit dem breiten, stumpfen Ende gegen die Mikropyle gekehrten Keule an. Am spitzen Ende, der Mikropyle gegenüber entstehen nun zahlreiche kleine Primordialzellen, welche offenbar den Antipoden Hofmeisters entsprechen, und erst nachdem diese verschwunden sind, entsteht im unteren Ende nach der Befruchtung das Endosperm durch freie Zellbildung, das immer nur den bauchigen Theil des Keimsackes ausfüllt und den jungen kugelförmigen Embryo umschliesst (Fig. 9). In diesem Zustande ist der Embryosack ganz von kleinen proteinreichen Kerngewebszellen eingehüllt und ist von der Kernwarze durch die zahlreichen Schichten des Halses getrennt.

Die übrigen zu gleicher Zeit vor sich gehenden Veränderungen beziehen sich nur auf das äussere Integument und das Epithel der Carpelle; das innere Integument verhält sich ganz passiv.

Im äusseren Integumente schreitet die Bildung der Interzellularräume fort; zu gleicher Zeit theilen sich aber die

Zellen der unmittelbar unter dem ursprünglichen Epithel gelegenen Schicht (Fig. 4 und 7, *b*) und entsteht so jenes kleinzellige Gewebe, das (im reifen Samen) unmittelbar unter der Hartschicht liegt (Fig. 10, der äussere Th. v. V).

Das schon frühzeitig angelegte Gefässbündel des *Funiculus* schreitet indessen immer weiter fort, bleibt jedoch nicht auf diesen beschränkt, sondern verlängert sich über den Knospengrund hinaus in die inneren Schichten des äusseren Integumentes, und zwar bis zum Halstheile der Samenknospe, so dass sich hier im äusseren Integumente ein Gefässbündel findet.

Während sich nun im Epithel die Abspaltung von IV. über die ganze Samenknospe verbreitet, geschehen am unteren Ende dieser neue Theilungen, die nach Massgabe der Grösse der Flächentheilung verschieden beginnen. Auf den flachen Seiten des Samens, wo das Flächenwachsthum stark ist, tritt gewöhnlich zuerst in jeder Zelle eine radiale Wand auf (Fig. 5, *r*); in den dadurch entstehenden Tochterzellen folgen immer zuerst 1 bis mehrere tangentiale und dann radiale Wände. Wo aber, wie an den Kanten und in der Nähe derselben, das Flächenwachsthum geringer ist, treten zuerst tangentiale Wände auf, entweder nur eine (Fig. 6, *t*), oder mehrere (Fig. 7, t_1—t_3), und erst dann folgen radiale Wände (Fig. 6 und 7, *r*).

Stellenweise aber entwickeln sich diese Theilungen nicht so regelmässig, wie z. B. Fig. 8 zeigt, wo bei einzelnen Zellen zuerst die tangentialen, bei anderen die radialen auftreten; doch herrscht die regelmässige Ausbildung bei Weitem vor.

Indem diese Theilungen weiter fortschreiten, entsteht zwischen dem nunmehrigen Epithel (Fig. 7 und 8, II) und der Schicht IV. ein 4—6schichtiges, kleinzelliges Gewebe (Fig. 10, III). An den Kanten, namentlich aber in der Nähe der Mikropyle ist das Epithel viel entwicklungsfähiger und es entstehen hier zahlreiche Schichten kleiner Zellen (Fig. 11 und 12, III). An diesen Stellen zeigt es sich auch, dass die innersten 1—4 Lagen etwas grosszelliger werden und die Verdickungsform von IV. annehmen, wodurch hier diese Schicht (IV) scheinbar 2—5fach wird. Es zeigt sich hier eine Differentiirung der Schichte III. in zwei, die,

wie der zweite Theil der Abhandlung zeigen wird, für viele Gattungen sehr charakteristisch und bei Cucurbita nur stellenweise angedeutet ist.

Die Flächentheilungen im nunmehrigen Epithel der Samenknospe hören früher auf, als die Allwärtstheilungen in III, etwa wenn der Same sein endgiltiges Verhältniss der Länge zur Breite hat; während das der Carpelle schon viel früher aufhört sich durch Flächentheilung zu vergrössern, nämlich sobald nach beendigter Abspaltung von IV bereits fest an der Samenknospe klebt. Es verdicken sich daher die Aussenwandungen seiner Zellen schon frühzeitig sehr bedeutend (Fig. 5 und 6, *E*) und werden dabei die Zellen sehr gross und ganz flach. In der Mitte der flachen Seite des Samens, wo das Flächenwachsthum nach allen Richtungen ziemlich gleichmässig stattfindet, werden sie fast ebenso breit wie lang (Fig. 16), an den Kanten, wo fast nur Längenwachsthum stattfindet, sehr lang und schmal (Fig. 17, *d*).

Indessen wird mit dem weiter gehenden Wachsthume der Testa die Höhlung im Innern des Knospenkerngewebes immer grösser, und dadurch Raum zur Weiterentwicklung des Endosperms geboten, das auch mächtig zunimmt. Während die Perisperm-Zellen überhaupt keine Theilungen eingehen, sondern sich nur vergrössern und strecken, theilen sich die jungen Endospermzellen, nachdem sie sich stark vergrössert haben, mehrfach. Die peripherischen Zellen desselben legen sich zugleich an die Wand des Embryosackes an und bilden eine anfänglich nur wenig differentiirte Schicht, deren Zellen sich gegenseitig abplatten und die sich dadurch auszeichnet, dass ihr Inhalt vom Embryo nicht verbraucht wird, was bei allen übrigen Endosperm-Zellen der Fall ist, die, solange der Keim noch klein ist, den ganzen Embryosack erfüllen, später aber von jenem ausgesogen und zu einer dünnen Schicht zusammengepresst werden (Schicht X). Die beiden Keimblätter des jungen Embryos bilden einen spitzen Winkel, welcher Endospermzellen einschliesst; indem sich jene nun bei fortschreitender Entwicklung immer mehr aneinanderlegen, pressen sie die zwischen ihnen befindlichen durch mehrfache Theilungen kleinen Fndospermzellen zu einem durchsichtigen, sehr dünnen Häutchen zusammen, das im reifen Samen als Fortsetzung der Schicht X (Fig. 10, X) zwischen den Keim-

blättern erscheint. Die peripherische Schicht des Endosperms stellt sich im reifen Samen als Schicht IX dar, die man mit dem Namen Plasmaschicht bezeichnen kann, analog der entsprechenden Schicht bei den Cruciferen, die offenbar nebst der innerhalb ihr liegenden Schicht aus dem Endosperm hervorgeht.

Das Wachsthum des Embryosackes schreitet nur langsam fort, und ist derselbe, wenn die Samenknospe schon fast die Grösse des reifen Samens erreicht hat, kaum 2^{mm} lang.

Wir sind nun bei jenem Stadium angelangt, in welchem, vom Embryo abgesehen, im jungen Samen sämmtliche Theilungen vollendet sind; schon bevor dieses Stadium eingetreten ist, haben an der Mikropyle und am Rande des jungen Samens weitere Differentiirungen begonnen, die in Formveränderungen der einzelnen Zellen bestehen, welchen Verdickungen derselben folgen.

Zu bemerken ist, dass die Verdickungen ganz allgemein bei den kleineren Zellen beginnen, so dass die Schichten III und V schon fast ganz ausgebildet sind, wenn II und IV kaum Spuren von Verdickungen aufweisen, zugleich zeigt sich, dass in den sich rasch verdickenden Zellen reichlich Stärke auftritt, die sichtlich in dem Masse der fortschreitenden Verdickung verschwindet, während die Stärke in den sich langsam entwickelnden Zellen immer nur spärlich ist.

Die letzten Veränderungen der einzelnen Schichten bestehen in Folgendem:

I. Die Zellen des Epithels der Carpelle haben sich nun von diesen bereits ganz abgelöst und erscheinen als äusserste Schicht des jungen Samens.

Die Aussenwandung, welche der Schicht II anklebt nimmt nur noch wenig an Dicke zu. Die Zellwände (mit Ausnahme der nach Aussen gekehrten Innenwände, deren complicirte Veränderungen entwicklungsgeschichtlich nicht vollständig verfolgt werden konnten) gehen keine selbständigen Formveränderungen ein.

II. Die Zellen dieser Schicht nehmen an Länge ungemein zu; doch ist ihre definitive Länge an verschiedenen Stellen der Testa sehr verschieden. Verhältnissmäsig am kürzesten bleiben sie am Randwulste der Samen; wo dieser an den flachen Theil des Samens eine gränzt, findet sich eine schmale Zone, wo sie

sehr lang, schmal und fadenförmig werden, während sie auf der flachen Seite des Samens eine prismatisch-säulenförmige Gestalt erhalten. Die Seitenwände bleiben ganz dünn, es treten in ihnen eigenthümliche Verdickungen in Form von am Grunde einfachen, nach aussen sich in zahlreiche feine Aeste verzweigenden Fäden auf (Fig. 10, II); die Aussenwandung wird ziemlich dick; die Verdickungen der Seitenwände sind die zuletzt auftretenden in der ganzen Testa.

III. Die kleinen Zellen dieser Schicht runden sich etwas ab, und beginnen sich alsbald netzförmig zu verdicken. Die Zellen der IV. Schicht sind ursprünglich ganz dünnwandig und parallelopipedisch. Da sie sehr frühzeitig vom Epithel abgespalten werden und nach der Abspaltung keine Theilungen mehr eingehen, so gehören sie der Fläche nach zu den grössten Zellen der Testa. Die Veränderungen nun, welche sie eingehen, sind sehr complicirter Art.

Es beginnen nämlich die Seitenwandungen wellig zu werden, jedoch nur die äussersten und innersten Partien derselben, so dass ein durch die Mitte derselben geführter tangentialer Querschnitt ebene Wände zeigt, während ausser- und innerhalb dieses geführte Schnitte um so stärkere Wellenlinien zeigen, je weiter sie vom mediamen Querschnitte abstehen.

Diese Wellenlinien werden immer complicirter und erstrecken sich zuletzt auch auf den mediamen Querschnitt und dieser stark buchtig erscheint (Fig. 22), während ein etwa um $^1/_4$ der Zelldecke nach Aussen oder Innen geführter Schnitt schon complicirte Lappenbildungen zeigt (Fig. 23) und die äussersten oder innersten Schnitte zierlich verzweigte Lappen aufweisen. Alle diese Bildungen geschehen vor dem Beginne der Verdickung, welche von den Läppchen ausgehend nach der Mitte der Zelle fortschreitet; nun treten auch zahlreiche zum Theil spaltenförmige Porencanäle an allen Wänden auf.

Auf dem Querschnitte (Fig. 8, IV) scheinen die Seitenwände oben und unten auseinander zu weichen, ohne dass Interzellularräume vorhanden wären, was eine Folge der beginnenden Lappenbildung ist.

Unmittelbar unter IV. liegen nun mehrere Schichten kleiner Zellen (V *a*, Fig. 10), die sich etwas abrunden und rasch netz-

förmig verdicken. In der äussersten Schicht entstehen keine Interzellularräume; diese treten in den inneren auf und erreichen ihr Grössenmaximum in V *b*. Schon zur Zeit der Blüthe hatte die der Schichte V *b* entsprechende Zelllage Interzellularräume; diese werden bei weiterer Entwicklung immer grösser; zugleich verlängern sich die ursprünglich rundlichen und ovalen Zellen und treiben schlauchartige Fortsätze. Noch bevor sie ihre endgiltige Gestalt erlangt haben, beginnt eine engmaschige, netzförmige Verdickung, die rasch vollendet wird und mit dem raschen Verschwinden der kurz vorher aufgetretenen reichlichen Stärke im Zusammenhange steht.

Die inneren Schichten des äusseren Integumentes, sowie das innere Integument verändern sich gar nicht. Die Interzellularräume bleiben klein, die Zellwände dünn und sie werden gegen die Reife hin zusammengepresst (Fig. 7); im reifen Zustande stellen sie die Schicht VI. dar.

Die Zellen der äussersten Schicht des Perisperms (Fig. 24, VII), sowie die inneren desselben (Fig. 24, VIII) werden gegen die Reife hin von den sich immer mehr und mehr ausdehnenden Embryo zusammengepresst und zeigen letztere schon frühzeitig eigenthümliche Längsfalten, nach welchen sie sich zusammenlegen.

Die Schichte IX ist schon lange bevor der Embryo die ganze Höhlung des Perisperms erfüllt als solche zu erkennen, aber erst ziemlich spät erfolgt die in der Ausbildung der primären und secundären Zellmembran bestehende Differentiirung derselben.

Die Zellen der innersten X. Schicht, die aus den anfänglich protoplasmareichen, später von dem sich entwickelnden Embryo mehr und mehr ausgesogenen inneren Endospermzellen entsteht, bleiben ganz dünnwandig und nehmen entweder eine polygonale oder unregelmässig verzweigte Gestalt an; im letzteren Falle umschliessen sie rundliche oder ovale Interzellularräume (Fig. 28).

Wenn die Verdickungen in den einzelnen Schichten beginnen, ist das in V liegende Gefässbündel schon vollständig entwickelt und zeigt auf dem Querschnitte zahlreiche Gefässe. Dasselbe ist zu dieser Zeit von sehr dünnwandigem, zarten Parenchym umgeben, mit kleinen Interzellularräumen, welches

den inneren Schichten von V. und den äusseren von IV. ent spricht.

Die Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte lassen sich kurz folgende Punkte zusammenfassen.

1. Der Same entsteht bei *Cucurbita Pepo* nicht aus der ganzen Samenknospe, sondern nur aus dem bauchigen Theile derselben, während der schmälere Theil, an dessen Spitze die Mikropyle liegt, mit dem basalen Theile des *Funiculus* fest verwächst, keine weitergehenden Differentiirungen erleidet, auch keine Verdickung erfährt.

2. Die Testa ist bei *Cucurbita Pepo* ein sehr complicirtes Gebilde, welches aus 5 verschiedenen Geweben entsteht, nämlich aus dem inneren Epithel der Carpelle, dem äusseren und inneren Integumente, dem Peri- und Endospermgewebe.

3. Diese 5 verschiedenen Gewebe differentiiren sich in 10 verschiedene Schichten, die aus einer bis vielen Zelllagen zusammengesetzt sind.

4. Gerade die best differentiirten, also auch physiologisch wichtigsten Schichten der reifen Testa (II—IV) gehen aus dem Epithel des äusseren Integumentes hervor; ausserdem ist noch die Schicht V. gut differentiirt; sie geht aus den unter dem Epithel des äusseren Integumentes liegenden Schichten hervor. Die Schichten VI, VIII und X sind meist leere zusammengepresste Zellhäute, während VII und IX wieder gut differentiirt sind; VI geht aus dem inneren Integumente und den innersten Schichten des äusseren hervor; VII ist das differentiirte Epithel des Knospenkernes; VIII ist das rudimentäre Perisperm; IX stellt die als Plasmaschicht entwickelte äusserste Schicht des Endosperms dar, X sind die inneren Schichten des rudimentären Endospermes.

5. Da man unter einem echten Samen streng genommen nur das verstehen kann, was aus der Samenknospe hervorgeht, so hat man es bei *Cuburbita Pepo* nicht mit einem solchen zu thun, da das Epithel der Carpelle ein wohl differentiirte Schicht desselben bildet.

6. Das Gefässbündel der Raphe dringt nicht, wie dies gewöhnlich der Fall ist, am Knospengrunde in die inneren Schichten

der Testa ein, um da zu enden, sondern durchläuft den ganzen Umfang der umgewendeten Samenknospe.

B. Die reife Testa.

I. Die äusserste Schicht stellt jenes farblose, trockene, rauschende Häutchen dar, das man gewöhnlich an Kürbissamen halb abgelöst hängend oder in abgerissenen Fetzen zwischen denselben findet. Eine kleine und schwarzsamige Varietät zeigte dasselbe jedoch fast ganz am Samen klebend. Schon Gärtner (l. c. II. p. 49) fasste es als *Integ. extimum tenuissimum diaphanum* auf. Dasselbe besteht aus einer einfachen Lage von grossen durchsichtigen, flachen Zellen, deren mittlerer Durchmesser von dem des Samens abhängt. Bei grosssamigen Varietäten und bei *C. Melopepo* sind die einzelnen Zellen so gross, dass man sie bereits mit freien Auge sehen kann; die längsten sind bis 500 μ lang und 70—100 μ breit; dagegen sind sie nur 10—15 μ dick. In der Mitte der flachen Seite der Samen stellen sie meist gleich lang und breite polygonale Zellen mit geraden Seitenwänden dar (Fig. 16); gegen den Rand hin sind sie der Länge des Samens nach gestreckt und am Rande selbst meist 5 bis viel mehrmals länger wie breit. Von der Fläche aus in Alkohol betrachtet, erscheinen ihre Seitenwandungen ziemlich dick (Fig. 16) und verwischt, in Wasser hingegen ganz dünn und etwas geschwungen (Fig. 17 α).

Auf dem in Alkohol betrachteten Querschnitte zeigen sich eine dicke Aussenwandung und dünne Seitenwände; von einem Lumen oder einer Innenwandung ist nichts zu sehen, indem der ganze zwischen den Seitenwandungen befindliche Raum mit einer homogenen Masse ausgefüllt erscheint. Lässt man nun zu dem in Alkohol liegenden Schnitt etwas wässerige Anilinfuchsin-Lösung treten, so zeigt sich ein bedeutendes Anquellen und zugleich treten höchst eigenthümliche Structurverhältnisse hervor, welche zuweilen auch ohne Zusatz von Farbstoff sichtbar sind, aber wegen der Durchsichtigkeit des Objectes sehr undeutlich. Vor Allem zeigt sich beim Aufquellen der scheinbar homogenen Aussenwandung auf das 4—6fache ihrer Dicke, dass sie aus einer Cuticula (Fig. 14, α, β, γ, 15; c) die sich dunkelroth färbt, und

2 Cuticularschichten besteht, von welchen sich die äussere licht (*cs*), die innere dunkelroth färbt (cs_2). Die Seitenwände der Zellen erscheinen sehr dünn und meist zartwellig hin und her gebogen. Die Innenwandung hingegen (die in Bezug auf die natürliche Lage der Schicht [Fig. 10] auf dem Samen, eigentlich die Aussenwandung ist) zeigt nun aber an zahlreichen, aber bei Weitem nicht allen Zellen, eigenthümliche darmartige Windungen, die bei stärkerer Quellung wieder undeutlich werden und endlich verschwinden (Fig. 14, α, β, γ). Lässt man zu einem Querschnitte rasch Wasser zutreten, so quillt derselbe meist plötzlich zu 70—100μ. Dicke auf, ohne dass von der eigenthümlichen Structur etwas zu sehen ist (Fig. 15).

Man hat sich die Sache offenbar so vorzustellen: Die dünne Innenwandung der Epithelzellen wird beim letzten Stadium des Reifens dickwandig und stark quellungsfähig, zugleich legt sie sich an die dicke Aussenwandung ganz an. Vor Allem ist nun zu bemerken, dass die äusseren Partien der Innenwandung stärker quellungsfähig als die inneren sind, so dass sie aufgequollen auch nur wenig Farbstoff aufnehmen. Von den äusseren stark quellungsfähigen Schichten findet ein allmäliger Uebergang zu den inneren statt, die sich stark tingiren. Die verschiedenen Partien der Innenwandung sind jedoch nicht bei allen Zellen überall gleich stark quellungsfähig, bei zahlreichen ist dies allerdings der Fall, und bei diesen quillt die der Aussenwandung ganz anliegende Innenwandung überall gleichmässig an, wobei von einer Structur nichts sichtbar wird. Bei zahlreichen andern jedoch zeigt es sich, dass gewisse Partien (Fig. 14, n_1 n) entweder nur sehr schwach oder fast gar nicht quellen, die Partien n gewöhnlich stärker als die n_1; während andere Partien (Fig. 14 m) sehr stark quellungsfähig sind; diese heben nun die zwischen ihnen befindlichen Theile n empor, und bilden so die Windungen.

Wahrscheinlich wird dieser Vorgang durch geringe Reste von eingetrocknetem quellungsfähigen Schleim des Zellinhaltes unterstützt, sowie durch aus den stark quellungsfähigen Partien m nach innen in die entstehenden Räume r diffundirenden Schleim. Eine Hauptursache liegt auch in der grossen Dicke der Aussenwandung, die sich trotz der bedeutenden Quellung nur

wenig krümmt (Fig. 14, 15). Während bei vollkommen reifen Samen dieser Quellungsvorgang oft so regelmässig geschieht, dass sich die einzelnen Windungen enge und parallel nebeneinander legen (Fig. 14, α), wo dann die Natur derselben verborgen bleibt, geschieht dies nicht an solchen Querschnitten, die vor der vollkommenen Reife abgezogenen und rasch getrockneten Häutchen entnommen sind, wie in Fig. 14 β und γ; hier zeigt sich deutlich, dass die Windungen von der quellungsfähigen Innenwandung herrühren. Auch machen es solche Querschnitte wahrscheinlich, dass noch quellungsfähige Schleimreste des Inhaltes vorhanden sind, welche die Räume r ausfüllen und bei der Auftreibung der Partien n mitwirken.

Mit Chlorzinkjod färbt sich cs_1 schmutzig blau, alle übrigen Schichten gelbbraun, mit derselben Stärke wie mit Fuchsin. Die Cuticula ist entschieden vorhanden und lässt sich auch auf Flächenstücken nachweisen.

Von der Fläche aus gesehen zeigt sich meist keine Structur, nur sehr selten bemerkt man (Fig. 17 β) hellere rundliche oder längliche Stellen *(d)*, während der übrige Theil der Fläche jeder Zelle schwach gelblich gefärbt erscheint. Wahrscheinlich steht diese Differentiirung in der Weise mit der eben beschriebenen Quellungserscheinung zusammen, dass die helleren Stellen d den schwach quellungsfähigen n_1, und die gelblichen Partien den Stellen n entsprechen.

Das Ablösen des Häutchens geschieht beim Eintrocknen des Samens, in Folge der starken Zusammenziehung jenes.

II. Unter dem Epithel liegt die äusserste Schicht des eigentlichen Samens. Es besteht dieselbe aus sehr lang gestreckten prismatisch-säulenförmigen Zellen, welche im reifen Zustande meist ganz leer sind, nur selten im äusseren Theile etwas Stärke enthalten. Die Aussenwandung ist sehr dick und zeigt merkwürdigerweise keine Cuticula; sie besteht, sowie überhaupt das ganze äussere Drittel bis Fünftel der Zellen aus reiner Zellulose; weiter nach Innen beginnen sich die Seitenwände mit Chlorzinkjod schmutzigblau zu färben, während die innersten Partien ganz braun gefärbt werden. Die Aussenwand zeigt sich eigenthümlich differentiirt, indem die äussere Partie (Fig. 18, *i*) weniger stark lichtbrechend ist, als die innere *(y)*, die sich auch

mit Chlorzinkjod dunkler blau färbt. Wo 3—4 Zellen zusammenstossen, finden sich starke 3—4kantige Verdickungen (Fig. 18, 19 *v*). Die Oberfläche der Schicht III (Fig. 10) hat einen grubigen Verlauf und es entsprechen die einzelnen Vertiefungen den Zellen von II. Jedes Grübchen ist von einer der ziemlich dicken Innenwandungen der Zellen II ausgekleidet, so dass die Seitenwände dieser den Kanten zwischen den Grübchen entsprechen.

Die sehr dünnen Seitenwände besitzen eigenthümliche fadenförmige Verdickungen, welche auf der Oberfläche des Samens senkrecht stehen und in jeder Wand einzeln oder zu 2 bis 3 auftreten. Das innere Ende dieser Leisten ist sehr dick und laufen diese hier parallel nebeneinander; nach aussen divergiren sie und verzweigen sich baumartig in zahlreiche feine Aeste (Fig. 18, *b*). Die Zellen der prismatischen Schicht sind an verschiedenen Stellen der Testa sehr verschieden lang. In der Mitte des Samens etwa 10—20mal so lang als breit, gegen den Rand hin werden sie etwas schmäler, in einem schmalen Streifen, der jenem parallel an der Randwulstgrenze verläuft, erreichen sie plötzlich eine 2—4mal so grosse Länge und werden dabei sehr schmal; es entsteht auf diese Weise ein schmaler Flügel, der längs des ganzen Randes verläuft und gegen diesen hin umgeschlagen den Randwulst zum Theile bedeckt (Fig. 11 und 12, *fl*). Am Randwulste selbst sind die prismatischen Zellen am kürzesten und nur 3—4mal so lang als breit.

Die Zellen dieser Schicht stehen nur am Rande aufrecht und hier sind sie gerade zusammengepresst und daher die Seitenwände mit zahlreichen Querfalten versehen. In der Mitte der flachen Seite der Samen sind sie gegen das stumpfe Ende dieses niedergebogen, liegen also fast ihrer ganzen Länge nach der nächsten Schicht (III) flach an, indem nur das äusserste Viertel oder Fünftel, wo sich die feinen Verzweigungen der Verdickungen der Seitenwände finden, senkrecht zusammengepresst ist.

Aus diesem Grunde erscheint in Fig. 10 an der Seitenwand nur der äusserste Theil der Verdickungen feinwellig, während der innere, grössere glatt ist. In Folge dieses Zusammenpressens entstehen an den feinen Verästlungen kleine Knoten, die in Querreihen stehen (Fig. 19, *k*), welche bei der völligen

Ausbreitung der Zellen verschwinden. Gegen den Rand des Samens hin biegen sich die Zellen zugleich etwas nach Aussen. Bei den schwarzsamigen Varietäten rührt die schwarze Färbung von einem sepienbraunen den leistenförmigen Verdickungen eingelagerten Farbstoff her; zugleich finden sich noch in einzelnen Zellen braune, körnige Massen, und sind auch die äussersten Zellen der III. Schicht, sowie die geringen Inhalte der VI. braun gefärbt. Bei dieser schwarzen Sorte zeigte sich auch, dass die Zellen nicht niedergelegt waren, sondern ihrer ganzen Länge nach zusammengepresst.

Die ganze Schicht hat trocken bei grossen Samen eine Dicke von etwa 30μ; in Wasser breitet sie sich mehr weniger aus und kann hiebei eine Dicke von 300μ erhalten. Die Ausbreitung geschieht nur mittelst der leistenförmigen Verdickungen, die im Wasser etwas quellungsfähig sind und sich dabei aufrichten und ausbreiten, durch diesen Vorgang wird das Lumen der Zelle sehr vergrössert und von eindringendem Wasser ausgefüllt. Es ist daher diese Schicht eine eigenthümlich organisirte Quellschicht.

III. Diese besteht auf der flachen Seite des Samens aus 4—6 Lagen kleiner ziemlich stark verdickter Zellen; gegen den Rand hin nehmen die Schichten jedoch an Zahl sehr zu und wird der Randwulst hauptsächlich durch sie gebildet (Fig. 11). Von der Schicht V*a*, welche aus ähnlichen Zellen besteht, wird sie durch IV getrennt, nur gegen das spitze Ende des Samens hin ist diese Schichte (IV) unterbrochen und gehen III und V*a* ohne scharfe Grenze in einander über (Fig. 12). Die Zellen von III gehören zu den kleinsten der ganzen Testa; nach Innen nehmen sie etwas an Grösse zu und sind meist 2—4mal so lang als breit und dabei etwas gewunden.

Sie besitzen gar keine oder nur sehr kleine Interzellular räume und erscheinen auf dem Querschnitte rundlich, die äusseren Lagen bestehen aus mehr isodiametrischen Zellen, alle aber sind stark netzförmig verdickt und dabei stark verholzt.

So verschieden die Zellen dieser Schicht von denen der IV. sind, so finden darnach hie und da, namentlich am Rande und an der Spitze des Samens Uebergänge zu diesen statt, durch Zellen,

die in ihrer inneren Hälfte den Bau und die Verdickeweisungs der Zellen von IV haben und in der äusseren denen von III ähneln. Diese Uebergangszellen sind Zeichen einer beginnenden Differentiirung dieser Schicht in 2 (*a* und *b*); einer Differentiirung, die bei fast allen andern Cucurbitaceen deutlicher hervortritt als bei Cucurbita (Siehe IV).

Alle Zellen aus III sind leer und luftführend.

IV. Die eigentliche Hartschicht besteht durchgehends aus einer einfachen Schicht. Wo dieselbe, wie am Rande, am spitzen Ende des Samens, und sonst an einzelnen Stellen, 2—4fach erscheint, gehören die äusseren 1—3 Schichten III an und bilden jene Schicht, die bei den meisten übrigen Cucurbitaceen z. B. schon bei der nahe verwandten Lagenaria, als III *b* wohl differentiirt ist.

Die Schicht IV besteht aus inhaltsleeren, sehr stark porös verdickten gelb gefärbten Zellen, welche 2—4 mal so lang als breit, der Länge des Samens nach gestreckt sind; auf dem Querschnitte des Samens stellen sie sich wie in Fig. 10 dar; man sieht die starken Zellwände und zwischen je 2 Zellen aussen und innen dreieckige Partien, die aber nicht Interzellularräume darstellen, sondern von der eigenthümlichen Gestalt der Zellen herrühren. Von der Seite gesehen hat eine isolirte Zelle dieser Schicht das Aussehen wie Fig. 21 zeigt; man sieht, dass die Zellwand in der Mitte der Zelle (bei *a*) glatt ist; nach aussen und innen treten nun allmälig höher werdende Riefen auf *(b)*, welchen ähnliche Ausbuchtungen des Lumens entsprechen; sie werden nach aussen und innen immer complicirter und enden mit zahlreichen Läppchen (Fig. 21, *c*), mittelst welcher sich die Zellen dieser Schicht fest verbinden. Es sehen die isolirten Zellen von oben gesehen, wie Fig. 20 aus, aus welcher Figur man erkennt, wie den einzelnen Lappen analoge Ausbuchtungen des Lumens entsprechen. Macht man durch die Mitte einer Zelle einen in Bezug auf den Samen tangential geführten Querschnitt, so erhält man eine Form wie Fig. 22; je weiter nach aussen oder innen ein solcher Querschnitt geführt wird, desto complicirter wird derselbe (Fig. 23).

Die dicken Zellwände zeigen eine deutliche Parallelstreifung und sind stark cuticularisirt; die Porencanäle sind ein-

fach oder verzweigt und besitzen meist unregelmässig spaltenförmige Öffnungen.

V. Lässt deutlich zwei Unterabtheilungen unterscheiden; V*a* ist 2—3schichtig und unterscheidet sich nicht wesentlich von III. Die Zellen sind mehr isodiametrisch und besitzen in ihren inneren Lagen Interzellularräume; dadurch wird der Übergang zu V *b* gebildet, welche Schicht aus viel grösseren Zellen besteht, die seitliche kurze höckerartige Ausbuchtungen besitzen, welche zu Schläuchen zusammengefügt sind und grosse Interzellularräume zwischen sich lassen. Dadurch wird diese Schicht zu einer Art von Schwammgewebe, das befähigt ist, grosse Quantitäten von Wasser aufzunehmen. Die Zellen selbst führen nur Luft. Sie sind ziemlich stark verdickt und besitzen grosse Poren, die in Querfurchen der Zellwand liegen. Doch sind die Zellwände nicht durchbohrt. Da die Poren ziemlich gross und sehr zahlreich sind, so erscheinen die schlauchförmigen Zellen netzig verdickt. Sie sind stark verholzt.

Zwischen der V. und VI. Schicht ist am ganzen Rande des Samens ein bei grossen Samen 40—50 Spiral- und Ringgefässe enthaltender Fibrovasalstrang eingelagert, der von einigen Schichten sehr zartwandig bleibender Parenchymzellen mit kleinen Interzellularräumen umgeben ist, das bei der Reife eintrocknet und ganz zerreisst. Auf diese Weise entsteht ein Luftcanal, der den ganzen Samen umläuft und an dessen Wandung das eingetrocknete Gefässbündel klebt.

Bei kleinsamen Varietäten ist V. nur als V *a* entwickelt und nur 1—2schichtig.

VI. Die Zellen dieser Schicht entstehen aus dem inneren Integument und den innersten Lagen des äusseren ohne besondere Differentiirung in der Weise, dass sich in den äusseren Lagen, an welche sich die von V *b* anschliessen, die Interzellularräume etwas vergrössern, während in den inneren auch diese keine Veränderung erleiden. Die Zellwände sind ganz dünn und zeigen keinerlei Structur, nur die äussersten unmittelbar an V *b* anschliessenden, schwach netzförmig verdickte ovale Platten. Die einzelnen Zellen sind entweder, wie die äussersten Lagen ganz leer, oder enthalten geringe Mengen eingetrockneten Chlorophylls, oder wie bei den schwarzsamigen Varietäten, eines

sepienbraunen Farbstoffes. Sämmtliche Zellwände sind stark verholzt.

Die nun folgenden 4 Schichten stellen im reifen Zustande ein sehr dünnes Häutchen dar, das im Wasser bis auf etwa 20—30μ. Dicke aufquillt. Die äusserste Schicht

VII ist das differentiirte Epithel des Knospenkernes; die Zellen sind meist schmal und der Länge des Kernes nach gestreckt (Fig. 26), nur in der Gegend des Würzelchens bleiben sie kurz. Die Aussenwand und die äussersten Partien der Seitenwandungen sind stark verdickt, während die grössere innere Hälfte sehr dünnwandig, aber doch nicht ganz homogen ist, sondern ovale, meist in Gruppen stehende dünnere Stellen zeigt.

Die dickwandigen äusseren Partien sind auch stark cuticularisirt, die dünnwandigen nur schwach.

VIII besteht aus den zahlreichen ganz zusammengepressten Schichten des Perisperms. Die Zellen sind ganz dünnwandig und der Länge des Samens nach gestreckt, sie sind inhaltsleer und farblos. Beim Zusammenpressen gegen die Reife hin bilden sich charakteristische Längsfalten, die am reifen Querschnitte, wie in Fig. 24, VIII erscheinen. Nach Isolirung mit Kalilauge zeigen sie eine spindelförmige Gestalt, sind vielmal länger als dick, oft fadenförmig und zeigen kleine ovale Stellen, die in steilen Spiralen angeordnet sind.

IX ist die Plasmaschicht, die äusserste Lage des Endosperms und besteht aus einer einzigen Schicht von flachen tafelförmigen, drei bis vieleckigen (meist trapezoidischen) Zellen, welche deutlich eine primäre aus Interzellularsubstanz und eine aus Zellulose bestehende secundäre Zellmembran zeigen. Der stets vorhandene Inhalt besteht aus Oel, einer protoplasmatischen Grundsubstanz und Proteinkörnern. (Siehe Fig. 25 und 27, IX.)

X besteht aus mehreren Lagen von sehr kleinen 15—30μ breiten, ganz dünnwandigen und farblosen, zusammengepressten, flachen Zellen. Am Rande der beiden Keimblätter bilden sie einen im Querschnitte dreieckigen Wulst, von welchem aus sich eine dünne, aus 2—3 Zellschichten bestehende Lamelle zwischen die beiden Keimblätter fortsetzt. Die Zellen sind meist polygonal

(Fig. 28 *a*); in der Lamelle, wo sich die Nerven der Keimblätter befinden, etwas in die Länge gestreckt.

Stellenweise gehen die eckigen Zellen durch Mittelformen von einseitig abgerundeten (Fig. 28, *c*) in eigenthümlich verzweigte über, mit grossen Interzellularräumen (Fig. 28, b mit *i*).

Meist sind diese Zellen inhaltsleer, nur die der Wülste enthalten wenig grünlich-gelbe, körnige Masse; alle bestehen aus reiner Zellulose.

II. Lagenaria vulgaris Ser.

A. Entwicklungsgeschichte.

Die Entwicklungsgeschichte des Samens des Flaschenkürbises stimmt in allen wesentlichen Punkten mit der von *Cucurbita Pepo* überein. Ich kann mich daher ganz kurz fassen.

Die Samenknospe ist zur Zeit der Blüthe rundlich und in dem weichen schwammigen mit grossen Interzellularräumen versehenen Parenchym der Carpelle eingelagert. Sie besitzt zwei Integumente; das äussere hat an beiden Seiten 5—6 Schichten, an der Raphe und ihr gegenüber zahlreiche. In diesem findet sich auch der Prosenchymstrang, der bei weiterer Entwicklung um den ganzen Samen herumwächst. Das Epithel des äusseren Integumentes spaltet sich schon zur Zeit der Blüthe und finden später die lebhaftesten Theilungen nicht genau an der Kante, sondern zu beiden Seiten derselben statt.

Wie beim Cucurbita-Samen nimmt auch hier das innere Integument der Carpelle einen Antheil an der Samenbildung. Die weiteren Theilungsvorgänge im Epithel des äusseren Integumentes werden wie bei Cucurbita eingeleitet, gehen aber in der mittleren Tochterzelle viel weiter, so dass aus jeder dieser etwa 15 Schichten entstehen, von welchen jedoch die inneren grosszelliger sind und jene Schicht der reifen Samenschale bilden (Fig. 39 III *b*), die zur Verstärkung der eigentlichen Hartschicht (IV), die wieder aus den inneren Tochterzellen der Epithelzellen entsteht, dient. Die 1—2 unmittelbar unter dem Epithel liegenden Zellenlagen des äusseren Integumentes gehen Allwärtsthei-

lungen ein, deren Resultat 3—5 Schichten eines kleinzelligen Gewebes sind.

Die äusseren 1—2 Schichten erhalten keine Interzellularräume, während die inneren Lagen, sowie auch die inneren Schichten des äusseren Integumentes in allwärts gerichtete Fortsätze auswachsen und dadurch eine mehr weniger schlauchförmige Gestalt annehmen, wie bei Cucurbita. Das bei letzterem Samen für die Entwicklung der Schichten VI—X Gesagte gilt auch hier vollständig; hingegen sind die letzten Veränderungen, welche die Samenschale in der Periode des Reifens durchmacht. nach dem über diese Phase beim Kürbissamen Gesagten aus der nun folgenden Beschreibung der reifen Samenschale leicht zu entnehmen.

Das in der allgemeinen Zusammenfassung der Entwicklungsgeschichte von Cucurbita Gesagte gilt auch hier gänzlich.

B. Der reife Same. (Siehe Fig. 39.)

Da der Same nicht zu den allgemein bekannten gehört, erlaube ich mir zum besseren Verständnisse des folgenden eine kurze Beschreibung desselben voranzuschicken.

Derselbe ist je nach der Varietät 10—22^{mm} lang und 6—9^{mm} breit und meist schief, unsymmetrisch; das der Mikropyle entsprechende schmälere Ende ist zusammengedrückt und mehr weniger gekrümmt. Der Same ist ziemlich (2·5—4^{mm}) dick, am breiten Ende abgestumpft oder ausgerandet, da er besonders bei grossen Varietäten daselbst in 2 grosse seitliche Lappen, welche durch eine tiefe Ausbuchtung getrennt sind, vorgezogen ist. Auf der flachen Seite zeigen sich 2 mehr weniger breite, lichte glänzende Streifen, parallel mit dem Rande, die sich entweder auf derselben Seite vereinigen, oder über das stumpfe Ende des Samens zwischen den Lappen laufend, sich mit den entsprechenden Streifen der anderen Seite vereinigen. Der Same ist weisslichgelb bis sepienbraun gefärbt.

I. Entsteht aus dem inneren Epithel der Carpelle und stellt im reifen Zustande ein nur 4—6μ = $\frac{4-6}{1000}^{\mathrm{mm}}$ dickes Häutchen dar. Wenn der Same eben reif geworden, umgibt dasselbe diesen vollständig, später zerreisst es beim Eintrocknen. Die dünne nach

aussen gerichtete Wand ist wie bei Cucurbita quellungsfähig und quillt ebenfalls in Falten, die aber nicht so leicht und sicher nachzuweisen sind. In der Flächenansicht stimmen sie in Gestalt und Aussehen mit denen von Cucurbita überein.

II. Besteht aus langen 4—6seitigen prismatischen Zellen, die auch im reifen Zustande vollständig erhalten sind. Die Seitenwände sind äusserst dünn und mit Ausnahme der nun zu erwähnenden Stellen ganz ohne Verdickung. In Folge des Eintrocknens der Zellen legt sich die dicke Aussenwandung unmittelbar an die Innenwandung an und werden die Seitenwände in zahlreiche, ziemlich regelmässige, horizontale Falten zusammengelegt, die bei vollkommener Ausbreitung gänzlich verschwinden (Fig. 39). Gegen die beiden mit den Rändern des Samens parallelen Streifen hin werden die Zellen dieser Schicht etwas länger und treten in ihnen die charakteristischen Längsverdickungen auf. In den beiden Streifen selbst enthält jede Seitenwand einige am Grunde der Zelle einfache, nach aussen sich mehrmals in zahlreiche feine Aeste theilende Verdickungen.

Die äusseren Aeste sind häufig durch schiefe Verbindungsstücke mit einander verbunden, so dass ein langgestrecktes Netzwerk entsteht. Diese Verdickungen sind von gelber Färbung und ähneln sehr denen von Cucurbita, nur sind sie nicht quellungsfähig und daher steif (Fig. 39).

Auch die beiden dicken Lappen in welche der Same am stumpfen Ende vorgezogen ist, zeigen die besprochenen Verdickungen; hier sind die Zellen dieser Schicht noch länger, die Verdickungsfäden zahlreicher und stärker; häufig, besonders bei den grosssamigen Varietäten, fällt die Aussenwandung leicht ab und es erscheint dann der Same an diesen Stellen (wie auch seltener an den beiden Streifen) mit einem dichten kurzen Pelz bedeckt, der von den fadenförmigen Verdickungen herrührt.

Die Aussenwandung ist siemlich dick und zeigt eine ähnliche Structur, wie bei *Cucurbita Pepo.*

III. Ist um den ganzen Samen herum sehr mächtig entwickelt und besteht aus 12—18 Zellschichten. Alle Zellen dieser Schichten sind sehr unregelmässig, rundlich oder länglich und mit zahlreichen Läppchen und Auswüchsen versehen. Die äusseren 7—12 Lagen sind wenig stark verdickt und man kann sie

als III *a* unterscheiden; die Zellen von III *a* sind meist oval und erscheint die Zellwand im Querschnitte gezackt oder mehr weniger unregelmässig ein- und auswärts gebogen. Da sich die Zacken je zweier sich berührender Zellen nicht entsprechen, entsteht ein complicirtes Netz von Interzellulargängen; die Zellen sind grob porös und namentlich die äussersten Schichten intensiv, ochergelb gefärbt.

Nach Innen werden diese Zellen immer dickwandiger und gehen dadurch in jene von III *b* über. Diese Zellen sind sehr dickwandig und im Querschnitte denen von IV ähnlich; sie zeigen aber nicht den symmetrischen Bau dieser, sind ganz unregelmässig mit verschiedenen Lappen und Ausbuchtungen der Zellwand, zahlreichen einfachen oder verzweigten Porencanäle, ohne Interzellularräume.

Bei allen Zellen der III. Schicht, namentlich aber bei III *b* kann man die primäre Zellenmembran deutlich sehen, namentlich beim Anquellen der dicken secundären mit Kalilauge, wobei diese auch eine deutliche Schichtung erkennen lässt. Die beiden Lappen, in welche sich der Same am stumpfen Ende fortsetzt, werden von der 3. Schicht gebildet, indem diese hier 20—30lagig wird.

IV. Ist überall einfach und besteht aus stark verdickten Zellen mit spaltenförmigen Porencanälen; die Zellen sind flach, $1\frac{1}{2}$—3mal so lang als breit; Aussen- und Innenwand sind eben, die Seitenwände hingegen sind wie bei *Cucurbita Pepo* complicirt gelappt und gebogen.

Fig. 40 zeigt zwei übereinander gezeichnete optische Querschnitte derselben Zelle im unreifen Zustande, wenn die Faltungen der Querwände beinahe vollendet und die Verdickung eben begonnen hat. Der Querschnitt 2 ist von der Aussen- und Innenwandung gleich weit entfernt und die Seitenwände zeigen acht ziemlich einfache Lappen, sie sind noch ganz dünn. Der Querschnitt 1 hingegen ist ganz nahe der Aussenwand; jedem der früheren 8 Lappen entsprechen hier mehrere kleinere Läppchen und die Zellwand hat sich hier schon zu verdicken begonnen. Im reifen Zustande sind die Läppchen noch complicirter. Die Zellen sind in Längsreihen geordnet. Die Schichten III *b* und IV zeigen dieselbe gelbe Färbung und vereinigen sich am Quer-

schnitte zu einer einzigen, sind aber, wie die genauere Untersuchung und die Entwicklungsgeschichte zeigt, wohl auseinander zu halten.

V. Ist bei Lagenaria sehr gut entwickelt und besteht auf den flachen Seiten des Samens aus 3—4 Lagen von unregelmässig verzweigten, schlauchförmigen dünn, aber steifwandigen Zellen, mit besonders in den inneren Lagen grossen Interzellularräume.

Am Rande des Samens wird V vielschichtig und zeigen sich hier die Zellen auch stellenweise netzförmig verdickt; dies gilt besonders für die Berührungswände.

Zwischen V und der folgenden Schicht läuft um den ganzen Samen das Gefässbündel.

VI. Besteht aus wenigen Lagen von ganz dünnwandigen leeren zusammengepressten Zellen, am Rande des Samens ist diese Schicht mächtiger und die äusseren mit steiferen und ausgebuchteten Zellwänden versehen.

Die Schichten VII bis incl. X sind ganz so wie bei Cucurbita entwickelt, bei VII ist die Aussenwandung besonders stark verdickt. Die Zellen von VIII lassen sich leichter als bei Cucurbita ausbreiten. Die von IX sind dicker und die aus X fand ich immer polygonal.

III. Cucumis sativus L.

A. Entwicklungsgeschichte.

Bei *Cucumis sativus* haben wir es mir dem 2. Typus der Cucurbitaceen-Samenschalen zu thun, nemlich mit jenem, wo das innere Epithel der Carpelle an der Bildung der Samen keinen Antheil nimmt.

Der sechsfächerige Fruchtknoten besteht wie bei Cucurbita aus 3 Carpellen, an deren dicken wulstigen Rändern 2—3 Reihen von Samenknospen entspringen. Ebenso sind die Carpelle dick und fleischig, so dass es nicht zur Bildung einer Fruchtknotenhöhle kommt und die Samenknospen in Höhlungen der Carpelle eingebettet sind, die wie überhaupt die ganze Oberfläche dieser mit einem zarten Epithel ausgekleidet sind. Die anatropen Samenknospon besitzen 2 Integumente.

Kurze Zeit vor der Blüthe, wenn der Fruchtknoten etwa 2^{cm} lang ist, hat die Samenknospe eine eiförmige Gestalt (Fig. 30). Der dicke Funiculus lässt bereits die Anlage eines Gefässbündels in Form eines Procambiumstranges erkennen, der an der Chalaza endigt. Auch besitzen die jungen Samenknospen ein deutliches Epithel (11), das die Fortsetzung des inneren Epithels der Carpelle ist (10) und sich auch auf die innere Seite des äusseren Integumentes erstreckt. In die unteren Theile des Funiculus erstreckt sich das lockere aus rundlichen Zellen bestehende Mesophyll der Carpelle und ist daher von zahlreichen Interzellulargängen durchsetzt, während der ganze übrige Theil der Samenknospe in diesem Stadium frei von solchen ist. Das äussere Integument ist das mächtigere und besteht an der Kante gegenüber dem *Funiculus* (bei 6) aus 9—10, im mittleren Theile (bei 7) aus 11—13 und bei 8 aus 5—6 Schichten, endlich auf der flachen Seite aus 4—5; das innere Integument, welches länger als das äussere ist, besteht nur aus 2—3 Schichten. Der Knospenkern hat kurz vor der Blüthe die Gestalt einer gestreckten Feige. Der dicke Theil desselben besteht aussen aus kleinen, innen aus grösseren Zellen, welche letztere wegen des dichteren grobkörnigen Inhaltes dunkler erscheinen. Das Knospenkerngewebe ist in Radien angeordnet, die auf jene Stelle weisen, an welcher der Embryosack entsteht, der jedoch in diesem Stadium noch nicht zu sehen ist. Der halsartige Theil des Knospenkernes besteht wieder aus grösseren Zellen, die in Reihen angeordnet sind und auf dem Querschnitte in drei concentrischen Kreisen stehen mit durchschnittlich 15, 8 und 4 Zellen.

Bis kurze Zeit nach der Blüthe gehen folgende Veränderungen in der jungen Samenknospe vor sich. Sie zeigt vor Allem ein lebhaftes aber ungleichmässiges Wachsthum, das daher mit Formveränderungen derselben verbunden ist. Der halsartige Theil derselben streckt sich bedeutend in die Länge, ohne an Dicke zuzunehmen, während der bauchige Theil bei einer geringen Längenzunahme starkes Dickenwachsthum durchmacht. (S. Fig. 31.) Der Procambiumstrang des *Funiculus* hat sich indessen in das äussere Integument verlängert und erreicht, wenn er am Grunde des Halses (Fig. 31, *a*) angelangt ist, die Gränze seines Wachsthumes. Das innere Integument nimmt fast gar

nicht an Dicke zu, während das äussere immer mächtiger wird; jetzt zählt dasselbe gegenüber der Raphe, vom Epithel abgesehen, 15—16 Schichten; ausserdem haben auch die einzelnen Zellen an Grösse zugenommen, sie werden heller, beginnen sich abzurunden und kommt es auf diese Weise in den inneren Lagen des äusseren Integumentes zur Bildung von kleinen Interzellularräumen, die sich später bedeutend vergrössern.

Die Epithelzellen des äusseren Integumentes sind indessen Flächentheilungen eingegangen, sie haben sich etwas vergrössert und radial gestreckt. In ihnen tritt, wie bei Cucurbita zur Zeit der Blüthe an den Rändern der etwas flachgewordenen Samenknospe die erste Spaltung ein, die nach den flachen Seiten des Samens fortschreitet. Auf diese Weise wird das Epithel in zwei Schichten getheilt; bevor aber dies noch überall geschehen ist, erfolgt vom Rande aus eine neuerliche Spaltung, die sich wieder allmälig über die flachen Seiten verbreitet, aber späteren Entwicklungsstadien angehört. Die Spaltung des Epithels findet nicht nur an dem bauchigen Theile der Samenknospe statt, sondern auch am halsartigen; dieser bleibt jedoch, nachdem sich die Zellen der äusseren Lage stark radial verlängert haben, auf dieser Entwicklungsstufe stehen, es verdicken sich die Zellwände nicht und der reife Same fällt an der Gränze des halsartigen und bauchigen Theiles ab, entsteht also wie bei Cucurbita nicht aus der ganzen Samenknospe, was hier viel deutlicher ist.

Zur Zeit der Blüthe zeigt auch der Knospenkern wichtige Veränderungen. Derselbe hat bedeutend an Grösse zugenommen und lässt an der Uebergangsstelle in den dünneren und bedeutend verlängerten Halstheil deutlich einen ovalen Keimsack erkennen; dieser ist von grösseren helleren Zellen umgeben (Fig. 31, *b*), die selbst wieder von einer dicken Schicht dunkleren kleinzelligen Gewebes eingehüllt sind. Es findet also, wie bei Cucurbita in der Mitte des *Nucleus* eine Lockerung des Gewebes statt. Bei weiterer Entwicklung werden daselbst die Zellen wasserreicher und heller, sie runden sich ab und wachsen stark in die Länge und es entsteht in der Mitte des Nucleus durch das Auseinanderweichen derselben ein grosser Interzellularraum, der mit ausgetretenem Zellsaft erfüllt ist. In diesen Raum treibt per Embryosack, der bisher eiförmig war, einen schlauchför-

migen Fortsatz, der bis an den Knospengrund reicht. Nun erst entsteht in der Erweiterung des Keimsackes durch freie Zellbildung das Endosperm.

Bis zur Befruchtungszeit hat auch der stabartig vorgezogene Theil des *Nucleus* wichtige Veränderungen erlitten; die beiden äusseren Kreise von Zellen haben sich bedeutend vergrössert, während der innere aus 3—5 Zellen bestehende Kreis kleinzellig bleibt und durch die äussere zusammengepresst wird. Auf diese Weise entsteht ein Canal, durch welchen sich der lange dünne Pollenschlauch den Weg zur Spitze des Embryosackes bahnt. Auch die Halszellen des Integumentes haben sich zu gleicher Zeit stark verlängert und vergrössert.

Im äusseren Integumente ist der weitere Verlauf der Theilungen folgender. Nachdem sich die zweite Spaltung des Epithels über die ganze flache Seite der Samenknospe erstreckt hat, finden sich hier drei Schichten von Zellen, die aus demselben hervorgegangen sind und die keine weiteren Spaltungen erleiden.

1. Die innerste Schicht (Fig. 32, IV) erleidet überhaupt keine Theilungen mehr, sondern die Zellen wachsen mit der ganzen Samenknospe stark in Länge und Breite, und dann beginnen sich die bezüglich des Samens radial gestellten Seitenwände, durch intercalares Wachsthum zacken- oder wellenförmig zu biegen. Diese Biegungen beginnen jedoch immer an der äussersten und innersten Zone, so dass bei beginnender Biegung der mittlere Querschnitt der Zelle (Fig. 34, *a*) noch vollkommen ebene Wände zeigt, während weiter nach Aussen oder Innen (Fig. 34, *b*) die Wellung der Wand anfängt, und die äusserste oder innerste Zone (Fig. 34. *c*) dieselbe schon sehr stark zeigt und hier auch schon die Verdickung der Zellwand beginnt Der Querschnitt der jungen Testa (Fig. 32) zeigt daher bei IV ein scheinbares Auseinanderweichen der Zellwand; scheinbar, denn es kommt nicht zur Bildung von Interzellularräumen.

2. Die Zellen der mittleren Schicht werden auf der flachen Seite des Samens auch nicht mehr parallel zur Samenoberfläche gespalten, sie bleiben niedrig, tafelförmig, hingegen finden hier einzelne radiale (Flächen-) Theilungen statt, wodurch etwa 2 bis 4mal so lange als breite, rechteckige Zellen entstehen. Aussen und Innenwandung dieser Zellen bleiben eben und glatt und ver-

dicken sich porös. Die Seitenwände jedoch werden anfangs wellig und erscheinen später bei beginnender Verdickung auf dem Flächenschnitte stark zickzackförmig ein- und auswärts gebogen.

3. Die Zellen der äussersten Schicht strecken sich stark radial in die Länge und werden durch entsprechend gestellte Wände in vierseitige Prismen getheilt. Die der Länge des Samens nach gerichteten Seitenwände bleiben ganz dünn; die der Quere nach gestellten erhalten ziemlich spät in der Mitte eine Längsverdickung. Die Innenwandung wird ziemlich dick und steif, während sich die Aussenwandung nur wenig verdickt und weich bleibt.

Dies ist der Vorgang auf der flachen Seite der Samen.

An den beiden Kanten derselben ist der Verlauf der Theilungen nicht so einfach. Die innerste aus dem Epithel hervorgehende Schicht bleibt wie auf der flachen Seite ungetheilt, auch die äusserste Schicht ist wesentlich gleich ausgebildet. Ganz verschieden hingegen ist die mittlere entwickelt. Schon in der Nähe der Kanten werden hie und da einzelne Zellen dieser gespalten (Fig. 33, *c*) und wird an solchen Stellen die Schichte III der reifen Testa aus 2 Zelllagen bestehen.

Ganz in der Nähe des Randes und an diesem selbst, wird die Spaltungswand immer häufiger, so dass hier aus der ursprünglich einfachen Lage 6—7 Schichten hervorgehen, von welchen jedoch die inneren 2—3 Lagen grösser bleiben als die äusseren und in ihnen auch keine radialen Wände auftreten, was bei diesen häufig der Fall ist. (Vergl. Fig. 33.) So zeigt sich schon in der Anlage eine Differentiirung der Schicht III in 2 Gruppen von Zelllagen *(a, b)*, die bei weiterer Entwicklung noch deutlicher hervortritt. Die Zellen der inneren Schicht *(b)* nähern sich in Gestalt und Verdickungsweise den Zellen der Schicht IV dergestalt, dass diese im reifen Zustande an den Kanten auf den ersten Blick mehrschichtig erscheint, was aber nicht der Fall st. Die Zellen *(a)* der äusseren 3—4 Schichten bleiben kleiner (d. h. sie theilen sich öfter, auch radial), dünnwandiger, und besitzen im fertigen Zustande grosse Interzellularräume, die denen von *b* gänzlich fehlen.

Schon bevor die Verdickung der Schicht IV beginnt, zeigt sich die Aussenwandung der äussersten Zelllage des Knospenkernes deutlich verdickt (Fig. 32, VII), dabei bleiben die Zellen sehr im Wachsthum zurück und strecken sich nur etwas in die Länge, während sich die des Knospenkerninnern sehr vergrössern, und stark in die Länge strecken. Das sich indess vermehrende Endosperm erweitert den Embryosack und presst dadurch die Perispermzellen zusammen. Schon in dem in Fig 32 gezeichneten Zustande zeigen sich die durch das Zusammendrücken entstehenden Längsfalten im Querschnitte (VIII).

Das innere Integument ist während des Vorganges der Spaltung des Epithels 3—4schichtig geworden; die Zellen bleiben dünn und werden im weiteren Entwicklungsverlaufe entleert und zusammengepresst.

Bedeutender sind die Veränderungen, die in den inneren Schichten des äusseren Integumentes vor sich gehen. Es lässt sich hier schon frühe ein deutlicher Unterschied zwischen der äussersten Schicht (Fig. 32, V *a*) und den inneren Lagen erkennen. In der ersteren kommt es nicht zur Bildung von Interzellularräumen und es finden auch einige radiale Theilungen statt, während die Zellen der inneren 3—4 Schichten keine Theilungen eingehen und frühzeitig grosse Interzellularräume bilden. Auf den flachen Seiten verändern diese Zellen bei weiterer Entwicklung ihre Form nicht besonders, sondern entstehen daraus ganz dünnhäutige, inhaltsleere, farblose Zellen, welche im reifen Zustande ganz zusammengepresst sind. Am Rande hingegen und in der Nähe desselben, wo das äussere Integument mächtiger ist, werden die Interzellularräume grösser als die Zellen selbst, indem diese die Form von oft sternartig, oder unregelmässig verzweigten Schläuchen annehmen.

Der Embryosack wird zwar durch das sich vermehrende Endosperm bedeutend vergrössert, füllt aber anfänglich die Höhlung des Perispermes bei Weitem nicht aus; dies geschieht erst später, wenn sich die Zellen der reifenden Testa zu verdicken beginnen und das Längenwachsthum des jungen Samens fast beendigt ist und werden dann Perisperm, inneres Integument und die inneren Schichten des äusseren zusammengepresst.

Das Endosperm ordnet sich wie bei Cucurbita. Die äusserste Lage desselben bleibt protoplasmareich, theilt sich weniger und bildet eine den Embryosack innen auskleidende Schicht plattgedrückter Zellen, während die inneren ihren Inhalt in den Embryosack abgeben und nach mehrfachen Theilungen zu einer sehr dünnen Schicht zusammengepresst wird, die nur in der wie bei Cucurbita entstehenden Fortsetzung zwischen den beiden Keimblättern sicher nachzuweisen ist.

Schliesslich bemerke ich, dass alle diese Veränderungen nicht gleichzeitig am ganzen Samen stattfinden, sondern immer an jenen Stellen beginnen, welche am reifen Samen am dicksten und festesten sind, also am Rande und an der Mikropyle; von hier aus schreiten sie dann gegen das stumpfe Ende des Samens und gegen die Mitte der flachen Seiten fort.

Die Resultate kann man in folgende Punkte resumiren:

1. An der reifen Testa haben neben den beiden Integumenten noch Endo- und Perisperm einen Antheil.

2. Aus dem Epithel des äusseren Integumentes entstehen die wichtigsten Schichten der Samenschale, nämlich II bis inclusive IV.

3. Die Schichten V und VI z. Th. entstehen aus den inneren Schichten des äusseren Integumentes.

4. Die innere Partie von VI entsteht aus dem inneren Integument.

5. Das Perisperm liefert die Schichten VII und VIII; das Endosperm ist durch die Schichten IX und X repräsentirt.

6. Die bei *Cucurbita Pepo* nur angedeutete Differentiirung der Schicht III in zwei Lagen (*a* und *b*) die bei Lagenaria an allen Stellen stark entwickelt sind, ist hier nur am Rande, wo III mehrschichtig wird, vorhanden.

Sie ist schon frühzeitig angedeutet und tritt im reifen Samen scharf hervor; es besteht daher auch hier die Samenschale aus 10 differentiirten Schichten.

7. Der ganze im jugendlichen Zustande so mächtige Halstheil der Samenknospe ist als ein embryologisches Organ zu betrachten und hat am reifen Samen keinen Antheil, indem dieser nur aus dem bauchigen Theile der Samenknospe entsteht, was

hier wegen der starken Entwicklung des Halstheiles auffälliger als bei Cucurbita ist.

8. Das Gefässbündel der Raphe setzt sich hier wie bei Cucurbita zwischen V und VI um den ganzen Samen herum fort und ist mit zahlreichen Gefässen versehen.

B. Der fertige Zustand.

II. Der reife Gurkensame, wie er in den Handel kommt, zeigt auf dem Querschnitte (Fig. 37, II), dass er mit einer ziemlich dicken homogenen Haut bedeckt ist. Diese besteht aus den zusammenhängenden inneren Wandungen der prismatischen Zellen; der Verlauf dieses Häutchens ist kein ebener, sondern es sind die Gränzen der einzelnen Zellen deutlich an den Erhabenheiten, die sich in regelmässigen Abständen wiederholen, zu erkennen. Am Rande des Samens und in seiner Nähe (wo nämlich III mehrschichtig wird) lassen sich die ehemaligen Umrisse der prismatischen Zellen auch bei schwacher Vergrösserung und auffallendem Lichte am unverletzten Samen erkennen; dabei sieht man auch, dass sich auf der flachen Seite einzelne seidenglänzende, sehr dünne, gerade oder verbogene Fäden erheben, die gegen den Rand hin immer zahlreicher werden. Dies sind die einzigen Reste der Seitenwandungen; die Aussenwände fehlen bereits gänzlich. Vor dem durch Vertrocknen und Zerreissen geschehenden Verschwinden der Seitenwandungen stellten die Zellen dieser Schicht relativ lange Prismen mit rechteckigem Querschnitte dar. Die parallel mit der Längsaxe des Samens verlaufenden Seitenwände dieser Prismen (Fig. 36, *l*) zeigen keine Verdickung; die der Quere nach gerichteten hingegen haben in der Mitte einen schmalen stark verdickten Streifen, welchen Fig. 36 bei *v* im Querschnitte zeigt.

Weiter nach unten verbreitet sich derselbe und wird dünner, (Fig. 29, bei *v*) und sitzt mit der so entstehenden breiten Basis am Samen fest.

III. Auf der flachen Seite des Samens besteht diese Schicht aus einer einfachen Lage von flachen, im Wesentlichen rechteckigen Zellen, welche der Länge des Samens nach gestreckt, 3—4mal so lang als breit sind. Die Zellen sind stark verdickt

und besitzen seitlich 4—6 grosse Lappen, welche ineinandergreifen, sich jedoch nicht an allen Punkten berühren, so dass zwischen je 2 Zellen zahlreiche kleine rundliche Interzellularräume entstehen; alle Wandungen sind mit Porencanälen versehen.

Gegen den Rand hin schaltet sich ausserhalb derselben eine zweite Schicht ein, welche aus kleinen rundlichen oder länglichen Zellen besteht, die stark porös bis netzförmig verdickt sind und deren Lumen in längere oder kürzere, dünnwandige röhrchenförmige Fortsätze ausgeht (Fig. 38, *c*, *d*), die nach allen Seiten abstehen, wodurch grosse Interzellularräume gebildet werden.

Noch weiter gegen den Rand hin werden die Röhrchen und daher auch die Interzellularräume grösser und nun zeigt sich auch, dass die inneren ein bis zwei Lagen sich bedeutend verändern. Sie werden sehr dickwandig, unregelmässig lappig und das kleine Lumen geht in verzweigte Porencanäle aus (III *b*); es bilden diese Zellen offenbar den Uebergang zu IV und helfen diese Schicht am Rande verstärken.

Am Rande selbst sind die Zellen der äusseren Lagen von III *a* noch dünnwandiger und fast netzförmig verdickt.

IV. Ist überall einfach und besteht aus Zellen, welche im Typus mit den entsprechenden von Cucurbita übereinstimmen (Fig. 37, IV); sie sind dickwandiger als bei Cucurbita und verhältnissmässig höher, 4—5mal so lang als breit. In den übrigen Verhältnissen, so namentlich was die Simmetrieverhältnisse bezüglich der Mittelebene betrifft und der Ausbildung der Lappen, stimmen diese Zellen mit denen von Cucurbita überein. Sehr deutlich ist auch die Schichtung der dicken Zellwand.

V. Ist auf den flachen Seiten des Samens nur sehr schwach entwickelt; sie besteht hier aus nur 2—3 Schichten von zusammen gepressten Zellhäuten, von welchen die inneren nach Ausbreitung Interzellularräume zeigen, während die äusserste Schicht unmittelbar an IV anliegend, derselben entbehrt und schwache Gitterplatten zeigt.

VI. Ist auf den flachen Seiten auf Querschnitten schwer zu sehen, indem sie aus nur 3—4 Lagen ganz dünnwandiger und zusammengepresster leerer, farbloser Zellen besteht; deutlich

hingegen an den Kanten, wo sie mächtiger ist und innerhalb des Gefässbündels liegt, das an der Grenze von V und VI um den ganzen Samen herumläuft.

Die Schichten VII bis inclusive X sind ganz so wie bei Cucurbita entwickelt.

Zusammenfassung.

Als Resultate der Untersuchung des Baues und der Entwicklungsgeschichte der Samenschale von *Cucurbita Pepo, Lagenaria vulgaris* und *Cucumis sativus* ergibt sich Folgendes:

Vor Allem lassen sich die Cucurbitaceen nach der Entwicklung des Samens in zwei grosse Gruppen eintheilen, in solche bei welchen das innere Epithel der Carpelle an der Bildung des Samens einen Antheil nimmt (*Cucurbita, Lagenaria*) und in solche, wo dies nicht der Eall ist (*Cucumis*). Bei den ersteren trennt sich dasselbe vom Carpelle und legt sich an den jungen Samen an, so das die früheren Innenwandungen am reifen Samen nach Aussen gekehrt sind und hierbei eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit erhalten.

Diese Schicht fungirt als Quellschicht (I).

Die eigentliche Testa besteht immer aus 10 Schichten, von welchen eine, nämlich III *b* wenigstens am Rande des Samens nachzuweisen ist.

Die vier äussersten Lagen II, III *a*, III *b* und IV entstehen immer aus dem Epithel des äusseren Integumentes; dieses ist vielschichtig und nimmt den Hauptantheil an der Bildung der Testa indem alle physiologisch wichtigen Schichten daraus entstehen.

Die Schicht V ist manchmal sehr stark entwickelt, manchmal (an den Seiten) kaum zu bemerken. Sie entsteht immer aus den unter dem Epithel liegenden 3—4 Schichten des äusseren Integumentes.

Die Schicht VI entsteht immer aus den innersten Schichten des äusseren Integumentes und dem 2—3schichtigen inneren Integument.

Die Schicht VII bildet sich in allen Fällen aus dem Epithel des Nucleus; VIII besteht aus den ausgesogenen und in

charakteristischen Längsfalten zusammengebogenen Zellen des Perispermgewebes; IX ist die äusserste Schicht des Endosperms X sind die inneren entleerten Zellen desselben.

II. Besteht immer aus prismatischen, dünnwandigen Zellen, mit Längsverdickungen, die wenigstens stellenweise vorkommen, und das Hauptcharakteristicon dieser Schicht bilden, welche immer aus einer einzigen Zelllage besteht und als eine Art Quellschicht fungirt, wenn die Zellen im reifen Zustande noch vorhanden sind.

III. Ist ein- bis vielschichtig. Wenigstens am Rande und an der Mikropyle und hier wenigstens andeutungsweise (*Cucurbita*) tritt eine Scheidung in III *a* und III *b* ein.

III *a*. Ist immer aus rundlichen, länglichen oder unregelmässigen, netzförmig oder porös verdickten, leeren Zellen mit grossen Interzellularräumen gebildet; ist- ein bis vielschichtig und eine Art Luft führender Schicht, die bei der Keimung bedeutende Wassermengen aufzunehmen im Stande ist.

III *b*. Besteht immer aus unregelmässigen durch Lappen fest mit einander verbundenen dickwandigen Zellen, die zur Verstärkung der eigentlichen Hartschicht (IV) dienen; diese

IV. Schicht wird aus dickwandigen Zellen gebildet, die durch zahlreiche verzweigte Lappen mit einander fest verbunden sind. Diese Zellen sind immer bezüglich einer tangentialen Mittelebene symmetrisch und die Lappen am stärksten an der Aussen- und Innenfläche der Zellen entwickelt, was als mechanisches Moment für die Festigkeit der immer einlagigen Schicht von grösster Wichtigkeit ist.

V. Ist sehr verschieden entwickelt, besitzt aber immer, wenigstens in den inneren Lagen, grosse Interzellularräume; die Zellen sind meist schlauchförmig und wenigstens stellenweise netzförmig verdickt ist.

VI. Besteht immer aus dünnen zusammengepressten Zellhäuten.

VII.—X. Sind bei allen Arten fast vollkommen gleich entwickelt und daher als typische Schichten der Cucurbitaceen-Testa wichtig.

VII. Hat immer die Aussenwandung und äussersten Theile der Seitenwandungen verdickt.

VIII. Besteht aus zusammengepressten, langgestreckten, dünnwandigen Zellen.

IX. Ist als Plasmaschicht, in Form einer einzigen Lage von tafelförmigen inhaltsreichen Zellen entwickelt.

X. Besteht aus mehreren Lagen ganz zusammengepresster sehr dünnwandiger, meist polygonaler Zellen.

Ausserdem kommt allen Arten ein den Samen längs der Kante umlaufendes Gefässbündel zu, das in dem äusseren Integumente entsteht und sich zwischen der V. und VI. Schicht befindet.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Cucurbitaceen-Samen besteht auch darin, dass sie am Mikropyle-Ende nicht geschlossen, sondern wie abgebrochen aussehen, was davon herrührt, dass der Same nicht aus der ganzen Samenknospe, sondern nur dem bauchigen Theile derselben hervorgeht.

Sämmtliche differentiirten Zellschichten zusammen können bis über 30 einzelne Zelllagen enthalten.

Figurenerklärung.

A. Cucurbita Pepo L. und *Melopepo* L.

Taf. I. Fig. 1. Samenknospe im Längsschnitte, kurz vor der Blüthe; *n* Nucleus; *en* Epithel desselben; *ii, ai* inneres und äusseres Integument; *eai, ec* Epithel des *ai* und des Carpelles; *fn*, Funiculus, *fb*, dessen Fibrovasalstrang; *eb*, Keimsack; Vergr. 55.

„ „ 2. Ebenso, kurz nach der Blüthe; Bez. und Vergr. wie Fig. 1.

„ „ 3. Kürbissame und dessen Mikropyle-Ende; *r*, Raphe und dessen Canal *k*.

„ „ 4. Theil eines Querschnittes der Integumente gegenüber der Raphe kurz nach der Blüthe. *äi, ii, eäi,* äusseres, inneres Integument und Epithel des ersteren; *b* Schicht aus der V *a* entsteht; durch Theilung von *eäi* entst. IV und *C*; Vergr. 325.

„ „ 5. Querschnitt nach Anlage von II—IV; *D, E*, Diachym und Epithel des Carpelles; *p*, Perisperm. Vergr. 325.

„ „ 6. Ebenso, *r* und *t*, radiale und tangentiale Wände im *eäi.*

„ „ 7. Ebenso, gegen den Rand hin; *b*, s. Fig. 4.

„ „ 8. *C. Melopepo,* wie Fig. 5.

„ „ 9. *C. Melopepo:* Embryosack mit jungem Endosperm. Vergr. 83.

Taf. II. „ 10. Vollständiger Querschnitt der reifen Testa; Vergr. 83.

„ „ 11. Querschnitt durch dan Rand des Samens; *LL*, Luftkanal, mit dem Gefässbündel *f; C, C* die Cotyledonen, 10, mit der Fortsetzung zwischen *C, C*; *fl*, Randflügel von 2.; Vergr. $43\frac{1}{2}$.

„ „ 12. Viertel eines Querschnittes durch die Testa am Würzelchen *(W)*; siehe Fig. 11.

„ „ 13. Querschnitt durch I, in Alkohol.; Vergr. 325.

„ „ 14. Querschnitt durch I in verdünntem Alkohol und mit α. Fuchsin gefärbt; *c*, cs_1, cs_2, Cuticula und Cuticular-

schichten, *m*, die stärker, *n*, n_1, die schwächer quellenden Partien der Innenwandung. Vergr. 325.

Taf. II. Fig. 14*β*. Wie 14 *α*, aber die Schicht nicht vollkommen reif.

„ „ „ 14*γ*. Ebenso.

„ „ „ 15. Querschnitt d. I., reif, im Wasser ganz angequollen. Vergr. 325.

„ „ „ 16. Zellen aus I; Mitte des Samens. Flächenansicht, in Alkohol. Vergr. 95.

„ III. „ 17*α*. Zellen aus I; Rand des Samens, Flächenansicht im Wasser. Vergr. 95.

„ II. „ 17*β*. Zellen aus I; in Alkohol; *g* sind die dichteren gelblichen Stellen, *d*, die farblosen; Vergr. 325.

„ III. „ 18. Das äusserste Sechstel einer Zelle aus II mit Kalilauge isolirt; *b*, *v*, Verdickungen der Flächen und Kanten; Vgr. 590 *Cuc. Melopepo.*

„ „ „ 19. Äusserste Partie einiger Zellen von II. von aussen gesehen; *b*, *v*, Verdickungen der Flächen und Kanten; *k*, Knötchen der ersteren, *n*, horizontale Falten. Vergr. 325. *Cuc. Melopepo.*

„ „ „ 20. Stück einer isolirten Zelle aus IV von oben gesehen; Vergr. 325.

„ „ „ 21. Stück einer isolirten Zelle aus IV von der Seite gesehen; Vergr. 325.

„ „ „ 22. Tangentialschnitt durch die Mitte der Schicht IV; Streifung und Porenkanäle stellenweise angedeutet. Vergr. 95.

„ „ „ 23. Tangentialer Querschnitt durch IV, um ¼ der Dicke von der Mitte entfernt. Vergr. 325.

„ „ „ 24. Querschnitt durch VII und VIII; aus der reifen Testa; VIII z. Th. künstlich ausgebreitet.

„ „ „ 25. Querschnitt durch die 4 innersten Schichten, in Kalilauge; Vergr. 590.

„ „ „ 26. Flächenstück aus VII.; Vergr. 136.

„ „ „ 27. Flächenstück aus IX.; Vergr. 136.

„ „ „ 28. Flächenst. aus X; eine Stelle wo die beiden hier vorkommenden Zellformen aneinanderstossen; *a* polyg., *b* verzweigte *c*, Mittelformen; *i*, Interzellularräume. Vergr. 325.

Mit Ausnahme der Fig. 8, 9, 18 und 19 rühren alle von *Cucurbita Pepo* L. her.

B. Cucumis sativus L.

Taf. III. Fig. 29. Basaltheil einer Zelle aus II, wie sie am reifen Samen zu sehen ist. Vergr. 590.

„ IV. „ 30. Samenknospe im Längsschnitte, kurz vor der Blüthe; Vergr. 83; 1 Chalaza, 2 Knospenkern, 3 und 5, *ii*; 4,

Taf. IV.

Gränze, an welcher der reife Same abfällt; 10, Epithel des Carpelles, 11, das der Samenknospe, 6—8, *äi*; 9, Procambiumstrang.

Taf. IV. Fig. 31. Samenknospe im Längsschn. kurz nach der Blüthe; *c*, Embryosack, *b*, helles, *d*, dunkleres Gewebe, *a*, *äi*, Vergr. 83.

„ „ „ 32. Querschnitt d. Integumente und des Perispermes (*p*) nach Vollendung der Spaltung im *eäi*; von der flachen Seite; Vergr. 325.

„ „ „ 33. Querschnitt d. Epithels des äusseren Integ. bei vorgeschrittener Theilung. Vergr. 590.

„ „ „ 34. Tangent. Schnitt durch IV. Vergr. 325.

„ „ „ 35. Embryosack mit dem eben entstand. Endosp. u. d. Keimanlage. Vergr. 83.

„ „ „ 36. Querschnitt durch die Zellen von II; *l*, Längs-, *s*, Querwände mit Verdickungen *v*. Vergr. 590.

„ „ „ 37. Querschnitt durch II—IV d. reifen Testa. Vergr. 325.

„ „ „ 38. Einzelne isolirte Zellen aus III; *a* und *b* von der flachen Seite; *c* und *d* aus III *a* von der Kante.

C. Lagenaria vulgaris. Ser.

Taf. IV. Fig. 39. Querschnitt der reifen Testa, II—X, durch einen der beiden hellen Streifen des Samens. Vergr. 83.

„ „ „ 40. Junge Zellen aus IV; von der Fläche gesehen (siehe Test.). Vergr. 325.